

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2857090号

(45) 発行日 平成11年(1999) 2月10日

(24) 登録日 平成10年(1998) 11月27日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup> 識別記号

H 0 1 L 21/3065

C 2 3 F 4/00

H 0 5 H 1/46

// C 2 3 C 14/24

F I

H 0 1 L 21/302

C 2 3 F 4/00

H 0 5 H 1/46

C 2 3 C 14/24

B

D

B

T

請求項の数 5 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平7-303363

(22) 出願日 平成7年(1995) 10月30日

(65) 公開番号 特開平9-129613

(43) 公開日 平成9年(1997) 5月16日

審査請求日 平成8年(1996) 4月25日

(73) 特許権者 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 山内 健資

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地

株式会社東芝生産技術研究所内

(72) 発明者 青木 克明

神奈川県横浜市磯子区新磯子町33番地

株式会社東芝生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

審査官 大日方 和幸

(58) 調査した分野(Int.Cl.<sup>8</sup>, D B名)

H01L 21/302

H01L 21/3065

H01L 21/461

(54) 【発明の名称】 マイクロ波励起プラズマ処理装置

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 上部にプラズマ生成室、およびこのプラズマ生成室の下方に形成され、被処理部材が配置される処理室を有する真空チャンバと、

前記プラズマ生成室内に処理ガスを供給するためのガス供給管と、

前記チャンバの上壁部の開口に配置された誘電体窓と、

前記誘電体窓を含む前記チャンバの上壁部に配置され、

マイクロ波の電界方向に垂直な面(H面)が前記誘電体窓に対向し、

マイクロ波の電界方向に平行な面(E面)が前記H面に対して垂直方向に伸び、かつマイクロ波導

入側と反対側に前記H面およびE面に対して垂直に設け

られたマイクロ波を反射する反射面を有する矩形状の導

波管と、を具備し、

前記導波管は、前記E面近傍の前記H面に2つのスリッ

2

トが前記E面に沿って平行もしくはほぼ平行それぞれ開口され、かつ前記スリットは前記反射面側ほど狭い幅を有することを特徴とするマイクロ波励起プラズマ処理装置。

【請求項2】 前記スリットは、その幅が前記反射面に向かって狭くなるように階段状に変化した形状を有することを特徴とする請求項1記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置。

【請求項3】 前記スリットは、その幅が前記反射面に向かって狭くなるようにテーパ状に変化した形状を有することを特徴とする請求項1記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置。

【請求項4】 前記スリットは、長さが導波管内のマイクロ波波長( $\lambda_g$ )の $n/2$ ( $n$ は整数)から $\lambda_g \times (n/2) + \lambda_g/8$ であることを特徴とする請求項1

10

ないし3いずれか1項記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置。

【請求項5】 前記スリットの長さ方向の中心は、前記反射面から導波管内のマイクロ波波長( $\lambda_g$ )に位置することを特徴とする請求項1記載のマイクロ波励起プラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体装置の製造等におけるエッチングやアッシングに用いられるマイクロ波励起プラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来のマイクロ波励起プラズマ処理装置としては、特開昭61-131454号公報に記載された構造のものが知られている。このプラズマ処理装置は、上部にプラズマ生成室、およびこのプラズマ生成室の下方に形成され、被処理部材が配置される処理室を有する真空チャンバと、前記チャンバの上壁部の開口に配置された誘電体窓と、前記誘電体窓を含む前記チャンバの上壁部に配置され、マイクロ波の電界方向に垂直な面(H面)が前記誘電体窓に対向し、マイクロ波の電界方向と平行な面(E面)が前記H面に対して垂直方向に伸び、かつマイクロ波導入側と反対側に前記H面およびE面に対して垂直に設けられたマイクロ波を反射する反射面を有する矩形状の導波管とを備え、前記誘電体窓に対向する前記導波管のH面部分にマイクロ波を前記誘電体窓を通して前記プラズマ生成室に導入するための開口部を設けた構造を有する。

【0003】上述したマイクロ波励起プラズマ処理装置において、マイクロ波を前記プラズマ生成室に導入する場合、マイクロ波の電界強度はプラズマ生成室上部の導波管内を電源から伝搬する入射波と、導波管の反射面(短絡面)で反射された反射波との合成波によって決定される。前記入射波は、前記誘電体窓を通して前記プラズマ生成室に導入され、前記生成室で発生されたプラズマに吸収され、減衰しながら伝搬する。前記導波管の短絡面まで伝搬したマイクロ波は、短絡面で反射され、入射波と同様にプラズマに吸収され、減衰しながら伝搬する。この時、合成波の電界分布は導波管の短絡面側で強く、導波管の入口側で弱くなる。このため、プラズマ生成室内の電界分布に偏りが生じてプラズマが不均一化される。その結果、前記プラズマ処理装置によるエッチングやアッシングが不均一になる。

【0004】一方、導波管内を伝搬するマイクロ波の電界分布はE面節とする正弦波状に分布し、マイクロ波のモードがTE01モードである場合、導波管中心で電界が最も大きく、E面近傍で小さくなる。前述した従来のマイクロ波励起プラズマ処理装置では、導波管内を伝搬するマイクロ波の最も大きい電界を真空封止用誘電体窓を通過させて直接プラズマ(負荷)と結合させるので、

マイクロ波の電界強度が大きい部分(導波管中心)で主にマイクロ波はプラズマに吸収される。したがって、プラズマは電界強度の大きい部分(導波管中心)で密度が高く、電界強度の小さい部分(導波管のE面側)に近付くほど密度が低くなるという分布を示す。前記プラズマの中心密度がマイクロ波を遮断する密度になると、マイクロ波はプラズマ生成室に透過されなくなる。この時、プラズマの状態によってはマイクロ波が吸収されず、反射波が大きくなり、1分間放電での平均反射率で約50%を超えることがある。したがって、前記プラズマ生成室に導入されたガスを電離させる効率が低下してエッチング速度やアッシング速度が遅くなる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、マイクロ波出力および圧力共に広い範囲で安定したプラズマをプラズマ生成室内に発生でき、かつ均一なプラズマを前記プラズマ生成室内に発生することが可能なマイクロ波励起プラズマ処理装置を提供しようとするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明に係わるマイクロ波励起プラズマ処理装置は、上部にプラズマ生成室、およびこのプラズマ生成室の下方に形成され、被処理部材が配置される処理室を有する真空チャンバと、前記プラズマ生成室内に処理ガスを供給するためのガス供給管と、前記チャンバの上壁部の開口に配置された誘電体窓と、前記誘電体窓を含む前記チャンバの上壁部に配置され、マイクロ波の電界方向に垂直な面(H面)が前記誘電体窓に対向し、マイクロ波の電界方向に平行な面(E面)が前記H面に対して垂直方向に伸び、かつマイクロ波導入側と反対側に前記H面およびE面に対して垂直に設けられたマイクロ波を反射する反射面を有する矩形状の導波管と、を具備し、前記導波管は、前記E面近傍の前記H面に2つのスリットが前記E面に沿って平行もしくはほぼ平行それぞれ開口され、かつ前記スリットは前記反射面側ほど狭い幅を有することを特徴とするものである。

【0007】本発明に係わるマイクロ波励起プラズマ処理装置において、前記導波管に形成されるスリットは次のような形状を有することが好ましい。

【0008】(1)前記スリットは、その幅が前記反射面に向かって狭くなるように階段状に変化した形状を有する。

【0009】(2)前記スリットは、その幅が前記反射面に向かって狭くなるようにテーパ状に変化した形状を有する。

【0010】また、前記スリットの長さ(1)は導波管内のマイクロ波波長( $\lambda_g$ )の $n/2$ ( $n$ は整数)から $\lambda_g \times (n/2) + \lambda_g/8$ である。前記スリットの長さ(1)が $\lambda_g \times (n/2)$ の場合、マイクロ波のの放射は共鳴的に大きくなり、 $\lambda_g \times [(n+1)/2] >$

$1 > \lambda_g \times (n/2) + \lambda_g/8$  の場合は放射電力が減少するため、放電が条件（ガス圧力、ガス種）によって安定せず、エッチング、アッシング等の効率が低下する恐れがある。

【0011】本発明によれば、導波管のH面に開口された2つのスリットを反射面側ほど狭い幅にすることによって、前記導波管の反射面（短絡面）で反射される反射波と入射波との合成波を均一にしてマイクロ波の放射電力を均一にすることができるため、前記導波管の下部に形成された真空チャンバのプラズマ生成室内で均一なプラズマを発生させることができる。また、前記2つのスリットを前記導波管の前記E面近傍のH面に前記E面に沿ってそれぞれ開口する、つまり電界強度がほぼ零になる前記E面近傍のH面にそれぞれ開口することによって、前記導波管に入射されたマイクロ波が電界と結合するのを回避できるため、前記スリットから放射されたマイクロ波が前記チャンバの上壁部の開口に配置された誘電体窓を完全に透過せずに、誘電体線路（例えばコプレーナ線路、スロット線路等）として伝搬させることができる。その結果、前記スリットから放射されたマイクロ波において、前記プラズマ生成室内のプラズマでの反射があっても前記誘電体窓を伝搬するためプラズマへの吸収を効率よく行うことができ、広い圧力範囲に亘って安定したプラズマを発生させることができる。したがって、前記プラズマ生成室下部の処理室に配置された被処理部材のエッチングやアッシングを良好に行うことができる。

【0012】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して詳細に説明する。

【0013】図1は、本実施例のウェハ上のレジストのアッシングに適用されるダウンフロー型のマイクロ波励起プラズマ処理装置を示す概略図である。真空チャンバ1内は、水平方向に配置したメッシュ状バンチドメタルからなる拡散板2によりプラズマ生成室3と処理室4とに上下に区画されている。ガス供給管5は、前記チャンバ1上部の前記プラズマ生成室3の側壁に形成されている。回転軸6が下面に取り付けられたウェハホルダ7は、前記処理室4内に回転自在に配置されている。排気管8は、前記処理室4が形成された前記チャンバ1底部に取り付けられ、かつ前記排気管8の他端には真空ポンプのような排気系（図示せず）が連結されている。

【0014】石英ガラスからなる誘電体窓9は、前記チャンバ1の上壁部に形成された開口部10に取り付けられている。マイクロ波が導入される矩形状の導波管11は、前記誘電体窓9を含む前記チャンバ1の上壁部に配置されている。前記導波管11は、図2および図3に示すように前記誘電体窓9に対向し、マイクロ波の電界方向に垂直な面（H面）と、前記H面に対して垂直方向に伸びるマイクロ波の電界方向に平行な面（E面）と、マ

イクロ波導入側と反対側に前記H面およびE面に対して垂直に設けられたマイクロ波を反射する反射面（短絡面：R面）とを有する。2つのスリット12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>は、前記E面近傍の前記H面に前記E面に沿ってそれぞれ開口されている。前記スリット12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>は、その幅が前記反射面（R面）に向かって狭くなるように階段状に変化した形状を有する。

【0015】次に、前述したマイクロ波励起プラズマ処理装置によりレジストパターンが表面に形成されたウェハをアッシングする方法を説明する。

【0016】まず、真空チャンバ1の処理室4内のホルダ7上にレジストパターンが表面に形成されたウェハ13を設置する。図示しない真空ポンプを作動して前記チャンバ1内のガスを排気管8を通して排気する。同時に、処理ガス例えば酸素ガスをガス供給管5を通して前記チャンバ1上部のプラズマ生成室3に供給する。前記チャンバ1内が所定の圧力になった時点でマイクロ波を導波管11内に導入することによって、前記チャンバ1のプラズマ生成室3にプラズマが発生する。発生したプラズマは、拡散板2の開口を通して処理室4に導入され、前記プラズマ中の活性な酸素原子が前記処理室4内のホルダ7上に設置されたウェハ13表面のレジストパターンと反応させることにより剥離する、いわゆるアッシングがなされる。

【0017】前記マイクロ波の前記導波管11内への導入において、図2および図3に示すように前記導波管11のH面には幅を反射面（R面）に向かって狭くなるように階段状に変化した形状を有する2つのスリット12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>が開口されているため、前記導波管11の反射面（R面）で反射される反射波と入射波との合成波が均一化されてマイクロ波の放射電力を均一にすることができる。その結果、前記導波管11の下部に形成された前記チャンバ1のプラズマ生成室3内で均一なプラズマを発生させることができる。また、前記2つのスリット12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>を前記導波管11の前記E面近傍のH面に前記E面に沿ってそれぞれ開口する、つまり電界強度がほぼ零になる前記E面近傍のH面にそれぞれ開口することによって、前記導波管11に入射されたマイクロ波が電界と結合するのを回避できる。このため、前記スリット12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>から放射されたマイクロ波が前記チャンバ1の上壁部の開口部10に配置された誘電体窓9を完全に透過せずに、誘電体線路（例えばコプレーナ線路、スロット線路等）として伝搬させることができる。その結果、前記スリット12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>から放射されたマイクロ波において、前記プラズマ生成室3内のプラズマでの反射があっても前記誘電体窓9を伝搬するためプラズマへの吸収を効率よく行うことができ、広い圧力範囲に亘って安定したプラズマを発生させることができる。

【0018】事実、次のような実験により本発明のマイクロ波励起プラズマ処理装置が従来のマイクロ波励起プ

ラズマ処理装置に比べて広い圧力範囲に亘って安定したプラズマを発生し、かつ均一なプラズマをプラズマ生成室内に発生できることを確認した。

【0019】(実験例1) 図2、図3に示すように階段状に変化した形状で、長さが170mm、反射面(R面)側の幅狭部分の幅が11.5mm、幅広部分の幅が15mmの2つのスリット12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>をE面近傍のH面(幅:96mm)に前記E面に沿ってそれぞれ開口した導波管を用いた。なお、前記2つのスリット12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>は、前記反射面(R面)からマイクロ波の導波管内波長( $\lambda_g$ )にその中心が位置するように前記H面にそれぞれ開口されている。また、真空チャンバ1のプラズマ生成室3の直径は200mm、誘電体窓9の直径は240mmとした。

【0020】このような本発明のマイクロ波励起プラズマ処理装置において、以下の放電領域の条件下で反射波が5W以下で安定したプラズマを発生することができた。

【0021】マイクロ波出力: 400~1000W  
酸素供給量 : 1000 sccm  
圧力 : 5~200Pa

図4に示すように長さがプラズマ生成室3の直径に相当する200mm、幅が96mmの細長状の開口穴20をH面に開口した導波管を用いた。なお、誘電体窓9の直径は前述した本発明の処理装置と同様に240mmとした。

【0022】このような従来のマイクロ波励起プラズマ処理装置において、以下の放電領域の条件下で反射波が5W以下で安定したプラズマを発生することができた。

【0023】マイクロ波出力: 700~1000W  
酸素供給量 : 1000 sccm  
圧力 : 70~200Pa

以上の実験例1から、本発明のマイクロ波励起プラズマ処理装置は従来のマイクロ波励起プラズマ処理装置に比べてマイクロ波出力および圧力共に広い範囲で安定したプラズマを発生できることがわかる。

【0024】(実験例2) 図2、図3に示すように階段状に変化した形状で、前記実験例1と同様な寸法の2つのスリット12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>をE面近傍のH面(幅:96mm)に前記E面に沿ってそれぞれ開口した導波管を用いた本発明のマイクロ波励起プラズマ処理装置と、図4に示すように細長状の形状で、前記実験例1と同様な寸法の開口穴20をH面に開口した導波管を用いた従来のマイクロ波励起プラズマ処理装置とを下記の条件でプラズマを発生させた。

【0025】マイクロ波出力: 1kW  
酸素供給量 : 200 sccm  
圧力 : 70Pa

図5は、本発明のマイクロ波励起プラズマ処理装置のチャンバ底部側からプラズマ生成室内のプラズマ発生状態

を撮影した写真である。図6は、従来のマイクロ波励起プラズマ処理装置のチャンバ底部側からプラズマ生成室内のプラズマ発生状態を撮影した写真である。これらの図5および図6から明らかなように本発明のマイクロ波励起プラズマ処理装置は従来のマイクロ波励起プラズマ処理装置に比べて均一なプラズマをプラズマ生成室内に発生できることがわかる。

【0026】したがって、本発明に係わるマイクロ波励起プラズマ処理装置は前記プラズマ生成室3内にプラズマを均一に発生できるため、前記処理室4内のホルダ7上に設置されたウェハ13表面のレジストパターンを効率よくアッシングすることができる。

【0027】なお、前記実施例では幅が反射面(R面)に向かって狭くなるように階段状に変化した形状を有する2つのスリットをE面近傍の前記H面に前記E面に沿ってそれぞれ開口したが、これに限定されない。例えば、図7に示すように幅が反射面(R面)に向かって狭くなるようにテーパ状にした2つのスリット14<sub>1</sub>、14<sub>2</sub>をE面近傍の前記H面に前記E面に沿ってそれぞれ開口した導波管11を用いても前述した実施例と同様、前記導波管へのマイクロ波の導入においてマイクロ波出力および圧力共に広い範囲で安定したプラズマを発生でき、かつ均一なプラズマをプラズマ生成室内に発生できる。

【0028】また、本発明に係わるマイクロ波励起プラズマ処理装置はウェハ上のレジストパターンを剥離するアッシングに限らず、ウェハおよびウェハ上の各種の被膜のエッチングにも同様に適用することができる。

【0029】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明に係わるマイクロ波励起プラズマ処理装置によればマイクロ波出力および圧力共に広い範囲で安定したプラズマをプラズマ生成室内に発生でき、かつ均一なプラズマを前記プラズマ生成室内に発生でき、ひいてはアッシングやエッチングを効率よく行うことができ等顕著な効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例のマイクロ波励起プラズマ処理装置を示す概略図。

【図2】図1の要部横断面図。

【図3】図1の導波管を示す部分切欠斜視図。

【図4】従来のマイクロ波励起プラズマ処理装置に用いられる導波管の横断面図。

【図5】本発明のマイクロ波励起プラズマ処理装置のチャンバ底部側からプラズマ生成室内のプラズマ発生状態を撮影した写真。

【図6】従来のマイクロ波励起プラズマ処理装置のチャンバ底部側からプラズマ生成室内のプラズマ発生状態を撮影した写真。

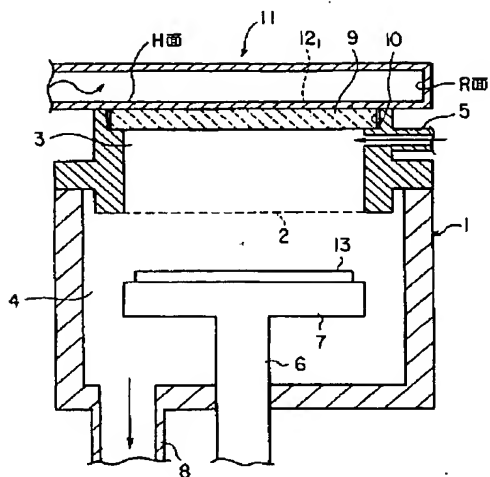
【図7】本発明の他の実施例におけるマイクロ波励起プラズマ処理装置に用いられる導波管の横断面図。

## 【符号の説明】

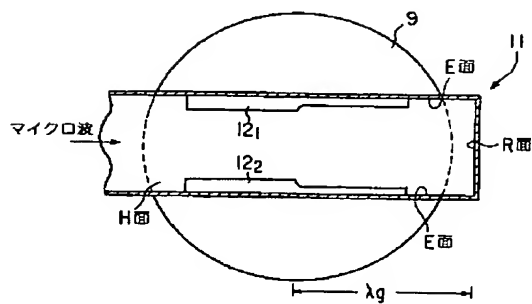
1…真空チャンバ、2…拡散板、3…プラズマ生成室、  
4…処理室、5…ガス供給管、7…ホルダ、9…誘電体\*

\*窓、11…導波管、12<sub>1</sub>、12<sub>2</sub>、14<sub>1</sub>、14<sub>2</sub>…  
スリット、13…ウェハ。

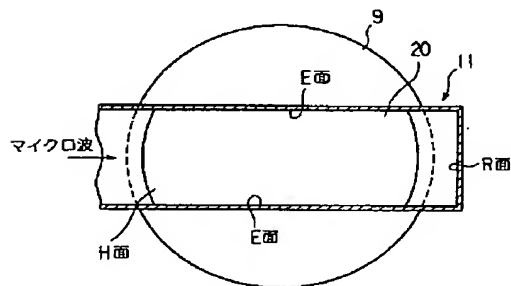
【図1】



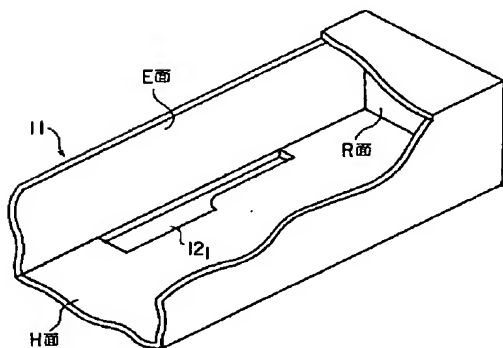
【図2】



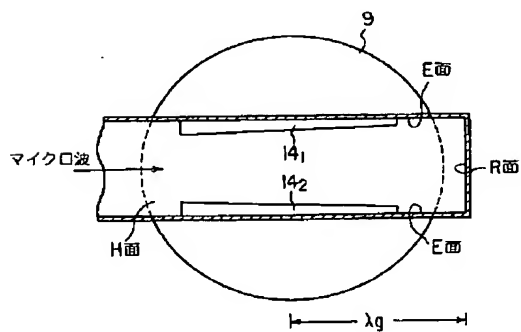
【図4】



【図3】



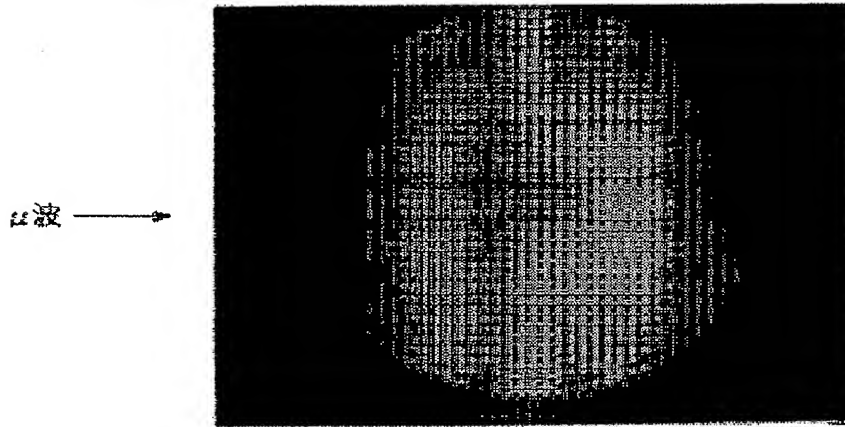
【図7】



BEST AVAILABLE COPY

【図5】

図面代用写真



【図6】

図面代用写真

